

## ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ И ВЕРТИКАЛЬНОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ ПУЧКА ПРОТОНОВ ЦИКЛОТРОНА С18/18 МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ НА БАЗЕ МОНИТОРОВ ВИБРИРУЮЩЕЙ СТРУНЫ

С.Г. АРУТЮНЯН<sup>1,2</sup>, А.П. АПРААМЯН<sup>3</sup>, А.В. МАРГАРЯН<sup>1</sup>, Л.М. ЛАЗАРЕВ<sup>1</sup>,  
Н.М. МАНУКЯН<sup>1</sup>, Г.В. МИРЗОЯН<sup>2</sup>, Э.Г. ЛАЗАРЕВА<sup>1\*</sup>, Р.С. ГЕВОРГЯН<sup>1</sup>,  
А.А. МАНУКЯН<sup>1</sup>, М. CHUNG<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Национальная научная лаборатория им. А.И. Алиханяна, Ереван, Армения

<sup>2</sup>CANDLE Институт синхротронных исследований, Ереван, Армения

<sup>3</sup>Nuclear Science Laboratory, Department of Physics and Astronomy,  
University of Notre Dame, Notre Dame, United States

<sup>4</sup>Pohang University of Science and Technology, Pohang, Gyeongbuk, South Korea

\*e-mail: ella.lazareva@yerphi.am

(Поступила в редакцию 10 июля 2024 г.)

Измерены горизонтальный и вертикальный профили протонного пучка циклотрона С18/18 модернизированной диагностической станцией на базе мониторов вибрирующей струны. Учитывая результаты первых экспериментов с использованием мониторов с апертурой 14 мм и накладными свинцовыми экранами, были разработаны мониторы с расширенной апертурой (28 мм) и магнитами, удаленными из зоны экспозиции пучка. Кроме того, датчики собраны на толстой металлической базе, служащей коллиматором для пучка. Проблемы возникновения электромагнитных помех решены тем, что на этой же базе собраны электронные узлы станции. Сканирование в новой станции осуществляется в одной и той же плоскости, максимально близко к выходному фланцу циклотрона (54 мм). Разработано новое программное обеспечение, нормализующее профили по максимальному значению. Проведены тестовые измерения профиля протонного пучка в диапазоне среднего тока пучка ~1 мкА.

### 1. Введение

Циклотрон С18/18 (ИВА, Бельгия) [1], предназначенный для изготовления медицинских изотопов, установлен в ЗАО «Центр по Производству Изотопов» [2]. Для нужд экспериментаторов Национальной научной лаборатория им. А.И. Алиханяна (ННЛА) организован вывод пучка в экспериментальный зал. С этой целью был оборудован пучкопровод, на котором возможно установление твердотельной мишени для производства изотопов [3, 4]. На протонном пучке проводятся также эксперименты по ядерной физике и материаловедению [5, 6].

В качестве диагностической установки группой ускорительной диагностики ННЛА была разработана и изготовлена станция для профилирования протонного пучка циклотрона С18/18 на базе мониторов вибрирующей струны (МВС). Измерения горизонтального и вертикального профилей протонного пучка циклотрона С18/18 были проведены при различных значениях тока в воздухе на выходе из вакуумного окна [7].

Измерения показали работоспособность всех узлов профилирующей станции на основе двух мониторов для горизонтального и вертикального сканирования в достаточно жестких условиях сильного перегрева защитных свинцовых пластин. Колебания струн обоих мониторов не нарушались при всех значениях тока протонного пучка. Максимальный ток в эксперименте составил  $\sim 3$  мкА (ток источника ионов – 120 мА). Ток протонного пучка оценивался по косвенным измерениям, а также по расчетам сдвига частоты в зависимости от ионизационных потерь частиц, падающих на струну [8]. Эксплуатация станции показала, что для существующего пучка протонов с поперечными размерами  $\sim 1$  см, апертура датчиков в 14 мм (длина струны 56 мм) недостаточна. Кроме того, защитные экраны из свинца, укрепленные на самих датчиках, также были неэффективны. Предложенное техническое решение с возможностью одновременного сканирования по вертикальной и горизонтальной осям за счет разнесения плоскостей сканирования на 123 мм оказалось не востребовавшимся.

С учетом этих замечаний станция профилирования была модернизирована. Апертура датчиков была увеличена до 28 мм (длина струны 72 мм). Сканирование в новой станции осуществляется поочередно в одной и той же плоскости, максимально близко (54 мм) к выходному фланцу пучка циклотрона.

Разработано новое программное обеспечение, нормализующее профили по максимальному значению плотности пучка. Проведены тестовые измерения профиля протонного пучка в диапазоне среднего тока пучка  $\sim 1$  мкА. Полученные таким образом профили в относительных единицах могут быть легко откалиброваны на абсолютные с учетом полного тока пучка, который может быть измерен другими детекторами, например, цилиндром Фарадея [9].

Станция профилирования из двух МВС может быть использована также для изучения процессов изменения структуры материала струны, подвергнутого облучению тяжелыми частицами. В процессе облучения материалов потоками тяжелых частиц (протоны, нейтроны, альфа-частицы) наблюдается повреждение структуры материалов. В результате накопления таких повреждений происходит остаточное изменение свойств материалов, в частности, охрупчивание, упрочнение. Эта задача особо актуальна в ядерной энергетике для изучения материалов корпусов ядерных реакторов [10–12]. Долговременное экспонирование струны одного из МВС под протонным пучком может предоставить экспериментальный результат по воздействию протонного пучка на структуру материала струны. При этом струна второго МВС, не облучаемого пучком, будет служить референсным датчиком. В этом направлении проведены первые эксперименты.

## 2. Датчик МВС с расширенной апертурой

Чувствительным элементом станции профилирования является МВС. Принцип действия мониторов основан на измерении частоты колебаний струны под воздействием пучка. Нагрев струны за счет взаимодействия пучка с материалом струны приводит к изменению первоначального натяжения, а следовательно, и частоты струны. В итоге измеряется частота собственных колебаний струны, которая служит выходным сигналом МВС. В наших работах используется электро-механический резонатор с вибрирующей металлической струной, колебания которой возбуждаются при взаимодействии тока через струну с постоянным магнитным полем. Автоматическая генерация колебаний на собственной частоте струны достигается с помощью электронной схемы обратной связи с системой

стабилизации амплитуды колебаний струны [8].

В новой модификации монитора конструкция крепления струны осталась практически той же, что и на датчиках первоначальной станции. Длина струны увеличена за счет увеличения базы датчиков. Модифицирована магнитная система возбуждения колебаний струны. В предыдущей версии магнитный зазор создавался непосредственно между полюсами двух постоянных магнитов. Для предотвращения облучения магнитов протонами была разработана новая система магнитопровода, так что магнитное поле образовывалось между полюсами магнитопровода из мягкой стали, при этом сами постоянные магниты были смещены к базе. Таким образом, магнитная система была посажена не на узлы крепления струны, а на базу с возможностью регулировки апертуры в пределах 28–36 мм. Для значений апертуры свыше 30 мм, в зависимости от материала струны и качества закрепления, наблюдались сбои в генерации колебаний струны. Оптимальной, с точки зрения симметрии магнитного поля для стабильной генерации второй гармоники колебаний, является апертура 28 мм (ширина полюсов 10 мм).

В предлагаемой конструкции горизонтальная и вертикальная линии сканирования лежат в одной плоскости, что приводит к требованию чередовать сканирования, при этом вращение профилирующей станции не требуется. Для этого использована плоская опорная плита толщиной 12 мм. Расположение линейных приводов для сканирования выбрано таким образом, что движение ограничивается дополнительным концевым выключателем, предотвращающим протонное облучение оснований мониторов.

На рис.1 изображены общий вид модернизированного монитора вибрирующей струны и стенд, состоящий из двух систем линейного перемещения

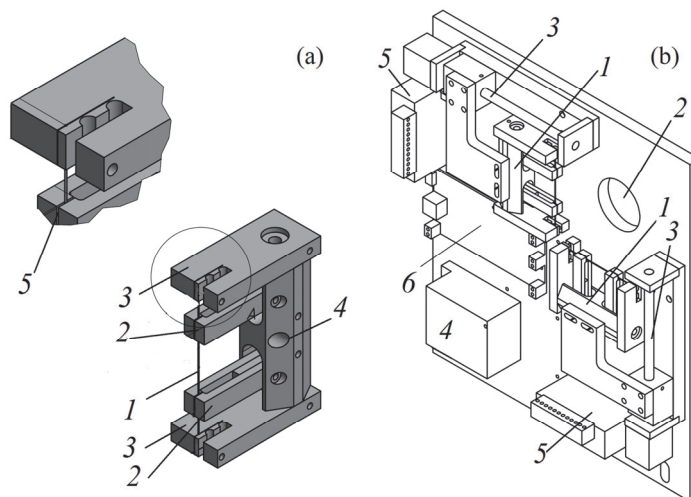


Рис.1. (а) Общий вид МВС с расширенной апертурой: 1 – вибрирующая струна, 2 – магнитные полюса, 3 – зажимы струны, 4 – база МВС. Фрагмент, отмеченный окружностью, представлен в увеличенном масштабе слева: 5 – зазор магнитной системы, в котором размещается струна. (б) Стенд с двумя мониторами, перемещающимися при помощи шаговых двигателей: 1 – мониторы вибрирующей струны, 2 – отверстие для коллиматора пучка, 3 – системы линейного перемещения на базе шаговых двигателей, 4 – блок питания, 5 – драйверы шаговых двигателей, 6 – электронная плата управления станцией.

мониторов для вертикального и горизонтального сканирований.

Поскольку МВС чувствителен к тепловым процессам, мониторы были помещены в пластиковую коробку, для уменьшения воздействия конвекционных процессов, влияющих на стабильность частоты струны. Шаговые двигатели, на которых установлены мониторы, имеют максимальный ход 79 мм.

### 3. Станция профилирования

Станция для горизонтального и вертикального профилирования была установлена на несущих швелерах системы вывода протонного пучка циклотрона в экспериментальный зал, на специальной консольной конструкции. На рис.2 схематически изображена станция, установленная на циклотроне.

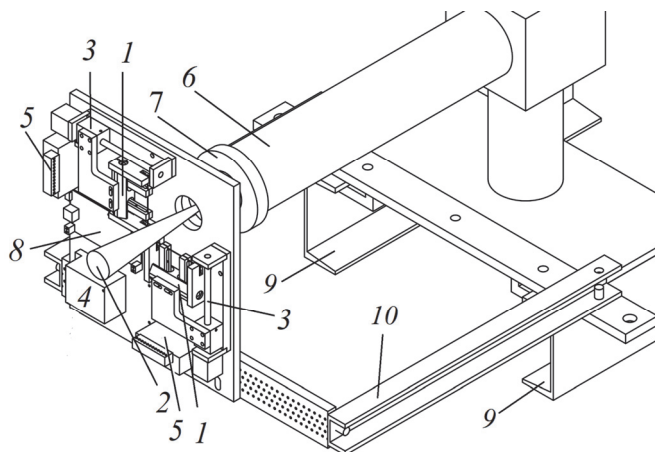


Рис.2. Станция профилирования, установленная на выходе протонного пучка циклотрона С18/18: 1 – мониторы вибрирующей струны, 2 – протонный пучок, 3 – системы линейного перемещения на базе шаговых двигателей, 4 – блок питания, 5 – драйверы шаговых двигателей, 6 – пучкопровод с фланцем – 7 на выходе пучка, 8 – электронная плата управления станцией, 9 – несущие швелеры системы вывода пучка, 10 – консольная конструкция крепления профилирующей станции на швелеры.

Для предотвращения воздействия конвективных воздушных потоков на стабильность колебаний струны была изготовлена специальная защитная коробка, оснащенная съемной крышкой на оси пучка, которая закрывалась в течение измерений профилей пучка. При снятой крышке и выдвигении мониторов в парковые позиции экспериментаторы могли пользоваться пучком без помех со стороны станции профилирования.

### 4. Эксперименты по профилированию протонного пучка циклотрона С18/18

#### 4.1. Горизонтальное и вертикальное сканирование

Модернизированная станция профилирования была установлена на минимальном расстоянии от выходного фланца протонного пучка, так что расстояние от сканирующей струны до поверхности фольги выходного фланца составляло 54 мм. Ток пучка был установлен  $\sim 1$  мкА (измерения осуществлялись цилиндром Фарадея). Для предотвращения облучения датчиков в режиме ожидания оба

датчика устанавливались в парковые позиции, определяемые соответствующими концевыми выключателями. Координаты отсчитывались от этих парковых позиций. Процедура сканирования заключалась в быстром перемещении датчика из парковой позиции в положение Pos.1, а затем с медленной скоростью – в положение Pos.2 (сканирование вперед). Далее датчик с той же скоростью возвращался в положение Pos.1 (сканирование назад) и снова в парковую позицию. Регистрация значений частоты производилась только в течение сканирования.

График движения МВС в процессе сканирования для Pos.1 = 40 мм и Pos.2 = 60 мм показан на рис.3.

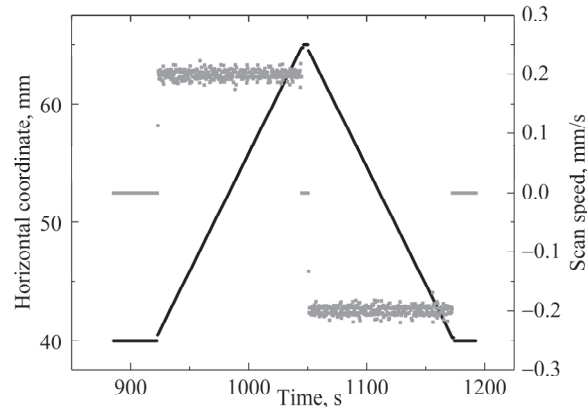


Рис.3. График прямого и обратного сканирований в горизонтальном направлении при средней скорости 0.2 мм/с: черные точки – координаты монитора, серые – скорость перемещения монитора.

Результаты сканирования в горизонтальном направлении показаны на рис.4. По вертикальной оси отложены значения величины относительного профиля в безразмерных единицах  $G_h = 1 - F_h/F_{h0}$ , где  $F_{h0}$  и  $F_h$  – начальная и динамически измеряемая частоты МВС, осуществляющего горизонтальное сканирование. Величина  $G_h$  пропорциональна увеличению температуры при нагреве струны и определяется локальным потоком протонного пучка, пронизывающего струну в данной позиции.

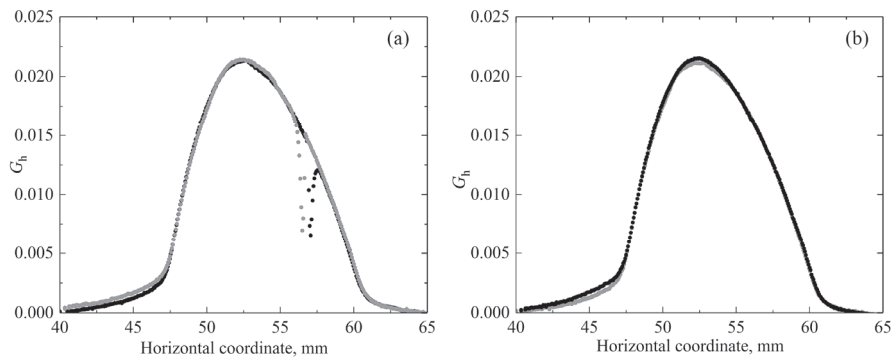


Рис.4. Результаты двух экспериментов по горизонтальному профилированию протонного пучка циклотрона. (a) Результирующий профиль пучка с помехами ВЧ питания циклотрона. (b) Результирующий профиль без помех. Черные и серые точки на обоих графиках – прямое и обратное сканирования, соответственно. Профили пучка определены в безразмерных единицах  $G_h$ .

В ходе эксперимента наблюдались сбои ВЧ питания циклотрона, что отразилось на результатах сканирования (рис.4а). Во время следующего эксперимента таких сбоев не наблюдалось (рис.4б).

На рис.5 изображены результаты вертикального сканирования протонного пучка циклотрона. На рис.5б по вертикальной оси отложены значения величины относительного профиля в безразмерных единицах  $G_V = 1 - F_V/F_{V0}$ , где  $F_{V0}$  и  $F_V$  – начальная и динамически измеряемая частоты МВС, осуществляющего вертикальное сканирование.

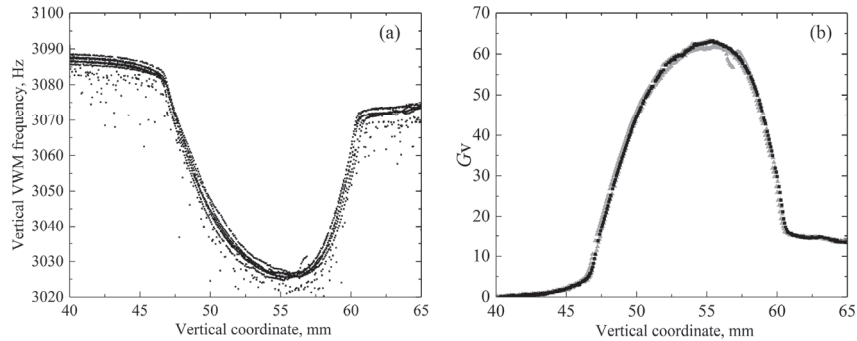


Рис.5. Результат эксперимента по вертикальному профилированию протонного пучка циклотрона. (а) Показания частоты. (б) Сигнал после обработки данных. Черные и серые точки на обоих графиках – прямое и обратное сканирования, соответственно. Профили пучка определены в безразмерных единицах  $G_V$ .

В первой версии модернизированной станции вся электроника, платы управления шаговыми двигателями и источник питания находились вдали от МВС [7]. В связи с этим во время работы шаговых двигателей наблюдались существенные помехи сигналов со струны (рис.6а, б). После установки электроники вместе с мониторами на стальную платформу станции и экранирования проводов вибрирующих струн и специальных концевых выключателей, помехи значительно уменьшились и для обоих мониторов были получены удовлетворительные результаты (рис.6с, d).

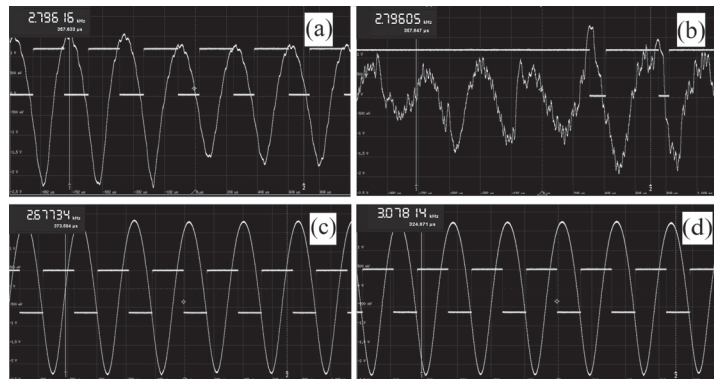


Рис.6. Осциллограммы горизонтального и вертикального сканирований. (а). Горизонтальное сканирование с МВС1, шаговый двигатель выключен, (б) – шаговый двигатель включен, (с) и (d) – показания частоты с МВС1 после сборки всех узлов на платформу станции: сигналы при включенном и выключенном шаговым двигателем, соответственно.

Аналогичные результаты получены и для MBC2.

Для регистрации сигналов частоты со струн MBC и управления шаговыми двигателями использованы специальные программы DW\_VW\_FREQ и RB6000 MOTORS, разработанные группой.

#### 4.2. Результаты и их обсуждение

На рис.7 изображены результаты двух экспериментов по горизонтальному и вертикальному профилированию протонного пучка циклотрона С18/18, полученные с использованием разработанных программ.

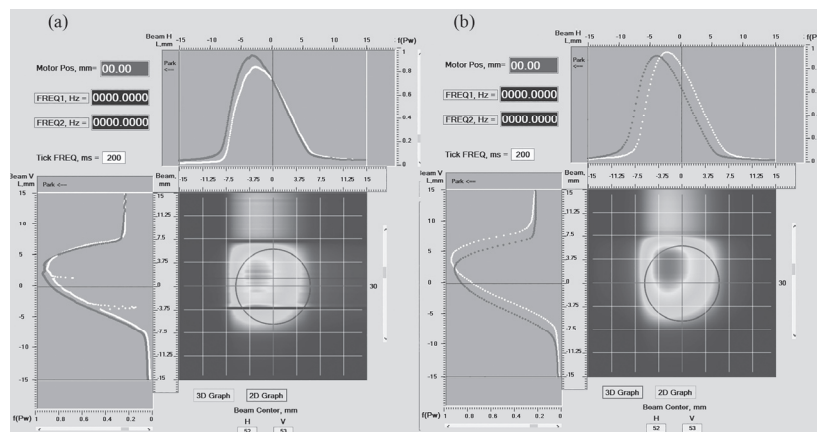


Рис.7. Горизонтальный и вертикальный профили протонного пучка циклотрона С18/18. В квадратной панели – двумерный профиль. (а) При вертикальном сканировании наблюдались помехи ВЧ питания циклотрона. (б) Результат без помех.

Результаты сканирования: профили в относительных единицах, нормированные на максимальное значение сигнала, диапазон сканирования (-15 мм, +15 мм) от центра коллиматора, скорость сканирования 0.2 мм/с, диаметр отверстия коллиматора 12 мм. Приведены профили, полученные в результате сканирования «вперед» (увеличение координаты от концевого выключателя) и «назад». Сдвиги профилей объясняются механическими люфтами в линейных приводах, а также тепловой инерцией процесса прогрева струны переменным во времени источником тепла, измеряемым пучком. Следует учитывать, что координата положения MBC привязывается к концу временного интервала измерения частоты. Проблема определения сдвига решается наилучшим наложением профилей «вперед» и «назад».

В квадратной панели изображен двумерный профиль пучка, полученный перемножением горизонтального и вертикального профилей. Из рис.7а видно, что при вертикальном сканировании наблюдались помехи ВЧ питания циклотрона, приводящие к срыву пучка. На рис.7б таких помех не наблюдалось.

#### 4.3. Применение MBC в материаловедении

Эксперименты на циклотроне имели своей целью также изучение остаточного воздействия облучения струны протонами на ее частоту, связанного с изменениями структуры материала струны.

Основная цель намеченных исследований – использование МВС для динамического мониторинга облучения струны тяжелыми частицами, в частности, создание специальных мониторов, с целью установки вблизи корпусов ядерных реакторов и наблюдения структурных изменений в процессе облучения нейтронами. В частности, изменения упругих характеристик струны (охрупчивание материала струны), отражаются на значении частоты собственных колебаний струны, которая регистрируется в онлайн режиме при работающем реакторе. Предварительные эксперименты по изучению эффекта охрупчивания натянутой струны произведены при помощи нагрева струны электрическими импульсами. В случае коротких импульсов достигается существенное увеличение частоты, что объясняется процессом упрочнения материала в результате теплового воздействия на струну (быстрый нагрев и охлаждение). Результаты опубликованы в [13].

## 5. Заключение

Используемая ранее станция профилирования протонного пучка циклотрона С18/18 на базе МВС существенно модифицирована. Разработаны мониторы с расширенной апертурой (28 мм) и удалением магнитов из активной зоны падения пучка. Разработано новое программное обеспечение. Особое внимание уделено уменьшению электромагнитных помех. Проведены измерения горизонтального и вертикального профилей протонного пучка на выходе пучка в воздухе. Проводятся работы по сборке установки для калибровки мониторов станции профилирования с использованием цилиндра Фарадея.

Для профилирования пучков нами используются также МВС со струнами из других материалов (вольфрам, бронза), что дает возможность измерения профилей разных ускорительных пучков, как в воздухе, так и в вакууме при различных токах пучка, с хорошим разрешением и точностью, тем самым расширяя сферу применений мониторов. В частности, использование вольфрама с большей теплопроводностью желательно при измерении профилей в вакууме, так как в этом случае расширяется динамический диапазон мониторов за счет увеличения максимальных температур перегрева струны и уменьшается время отклика монитора [8].

Проводятся эксперименты по измерению профиля электронного пучка линейного ускорителя комплекса ЛУЭ-75 ННЛА с использованием модернизированной диагностической станции на базе МВС. Ранее нашей группой было произведено измерение профиля электронного пучка инжектора синхротрона ЕрФИ [14]. Однако с расширением возможностей линейного ускорителя путем увеличения энергии ускоряемых электронов, создания новых режимов установки и повышения востребованности ускорителя для исследований в области фундаментальной и прикладной ядерной физики низких энергий [15, 16], возрастает потребность в точных диагностических приборах. Измерение профиля пучка специально разработанной новой станцией профилирования на базе МВС и новым программным обеспечением может представлять собой как отдельный интерес, так и служить альтернативным методом в плане сравнения профилей, полученных совершенно разными методами.

На протонном пучке циклотрона проводятся новые эксперименты по изучению воздействия длительного облучения струны протонами на структуру струны



с целью разработки средств онлайн диагностики процессов охрупчивания корпусов ядерных реакторов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке РА в рамках научного проекта 21Т-2G079.

Авторы выражают благодарность С.Л. Егиазаряну, А.Д. Афандянцу за помощь при изготовлении станции профилирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.iba-radiopharmasolutions.com/cyclotrons>
2. <https://www.petct-armenia.am/en/>
3. A.A. Manukyan. J. Contemp. Phys., **58**, 441 (2024).
4. R.V. Avetisyan, A.G. Barseghyan, Yu.A. Garibyan, A.V. Gyurdjinyan, I.A. Kerobyan, H.A. Mkrтчyаn. J. Contemp. Phys., **56**, 1 (2021).
5. G.H. Hovhannisyan, T.M. Bakhshiyаn, G.V. Martirosyan, R.K. Dallakyan, A.R. Balabekyan. The European Physical Journal A, **59**, 161 (2023).
6. V.V. Arzumanyan. J. Contemp. Phys., **15**, 7 (2022).
7. M.A. Aginian, A.P. Aprahamian, S.G. Arutunian, G.S. Harutyunyan, E.G. Lazareva, L.M. Lazarev, A.V. Margaryan, L.A. Shahinyan, R.K. Dallakyan, A.A. Manukyan, V.K. Elbakyan, G.A. Hovhannisyan, G.E. Elbakyan, M. Chung, D. Kwak. J. Contemp. Phys., **56**, 297 (2021).
8. S.G. Arutunian, A.V. Margaryan, G.S. Harutyunyan, E.G. Lazareva, M. Chung, D. Kwak, D.S. Gyulamiryan. JINST, **16**, R01001 (2021).
9. A.K. Naieni, F. Bahrami, N. Yasrebi, B. Rashidian. Vacuum, **83**, 1095 (2009).
10. G.S. Was. Fundamentals of Radiation Materials Science. Metals and Alloys. Springer, University of Michigan, USA, 2007.
11. В.А. Легасов. Справочник по ядерной энерготехнологии. Энергоатомиздат, Москва, 1989.
12. L. Malerba, A. Al Mazouzi, M. Bertolus, M. Cologna, P. Efsing, A. Jianu, P. Kinnunen, K.F. Nilsson, M. Rabung, M. Tarantino. Energies, **15**, 1845 (2022).
13. S.G. Arutunian, G.S. Harutyunyan, L.M. Lazarev, A.V. Margaryan, N.M. Manukyan, E.G. Lazareva, G.V. Mirzoyan, R.S. Gevorgyan, M. Chung, M.V. Korzhik. JINST, **19**, C03046 (2024).
14. S.G. Arutunian, A.E. Avetisyan, M.M. Davtyan, I.E. Vasiniuk. J. Contemp. Phys., **46**, 247 (2011).
15. A.S. Hakobyan, H.H. Marukyan, I.A. Kerobyan, H.R. Gulkanyan, L.A. Poghosyan, V.S. Pogosov, H.T. Torosyan, A.Z. Babayan, L.R. Vahradyan, A.R. Balabekyan, G.H. Hovhannisyan, R.K. Dallakyan, K. Katovsky. J. Contemp. Phys., **57**, 209 (2022).
16. A.S. Hakobyan, H.H. Marukyan, G.G. Gulbekyan, H.T. Torosyan, A.Z. Babayan, L.R. Vahradyan. J. Contemp. Phys., **57**, 317 (2022).

С18/18 ՑԻԿԼՈՏՐՈՆԻ ՊՐՈՏՈՆԱՅԻՆ ՓՆՋԻ ՀՈՐԻԶՈՆԱԿԱՆ ԵՎ ՈՒՂՂԱՀԱՅԱՑ ԱՑ ՊՐՈՖԻԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ՄՈՂԵՐՆԻԶՄԱՑՎԱԾ ԴԻԱԳՆՈՍՏԻԿ ԿԱՅԱՆԻ ՏՍՏԱՆՎՈՂ ԼԱՐԻ ՄՈՆԻՏՈՐՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Ս.Գ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ա.ԱՊՐԱՀԱՄՅԱՆ, Ա.Վ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Լ.Մ.ԼԱԶԱՐԵՎ,  
Ն.Մ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, Գ.Վ. ՄԻՐԶՈՅԱՆ, Է.Գ. ԼԱԶԱՐԵՎԱ,  
Ռ.Ս. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ա.Ա. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, M. CHUNG

С18/18 ցիկլոտրոնի պրոտոնային փնջի հորիզոնական և ուղղահայաց պրոֆիլները չափվել են մոդերնիզացված դիագնոստիկ կայանի տատանվող լարի մոնիտորների միջոցով: Հաշվի առնելով առաջին փորձերի արդյունքները, որտեղ օգտագործվել են 14 մմ ապերտուրով մոնիտորներ և կապարե էկրաններ, սշակվել են ընդլայնված ապերտուրով մոնիտորներ (28 մմ) և մագնիսները հեռացվել են փնջի ազդեցության գոտուց: Բացի այդ, սենսորները հավաքվել են հաստ մետաղական հիմքի վրա, որը ծառայում է որպես փնջի կոլիմատոր: Էլեկտրամագնիսական աղմուկների խնդիրները լուծվել են նրանով, որ կայանի էլեկտրոնային հանգույցները հավաքվում են նույն հիմքի վրա: Նոր կայանում սկանավորումն իրականացվում է նույն հարթությունում՝ հնարավորինս մոտ ցիկլոտրոնի փնջի էլքին (54 մմ): Մշակվել է նոր ծրագիր, որը նորմալացնում է պրոֆիլները առավելագույն արժեքով: Պրոտոնային փնջի պրոֆիլի փորձնական չափումները կատարվել են ~1 մկԱ փնջի միջին հոսանքի միջակայքում:

HORIZONTAL AND VERTICAL PROFILING OF THE PROTON BEAM  
OF CYCLOTRON C18/18 BY VIBRATING WIRE MONITORS  
OF MODERNIZED DIAGNOSTIC STATION

S.G. ARUTUNIAN, A.P. APRAHAMIAN, A.V. MARGARYAN, L.M. LAZAREV,  
N.M. MANUKYAN, G.V. MIRZOYAN, E.G. LAZAREVA,  
R.S. GEVORGYAN, A.A. MANUKYAN, M. CHUNG

The horizontal and vertical profiles of the proton beam of the cyclotron C18/18 were measured by a modernized diagnostic station based on vibrating wire monitors. Considering the results of the first experiments using monitors with an aperture of 14 mm and superimposed lead screens, monitors with an extended aperture (28 mm) and magnets removed from the beam exposure zone were developed. In addition, the sensors are assembled on a thick metal base that serves as a collimator for the beam. The problems of electromagnetic interference are solved by the fact that the electronic nodes of the station are assembled on the same base. Scanning in the new station is carried out in the same plane, as close as possible to the output flange of the cyclotron (54 mm). New software has been developed that normalizes the profiles by the maximum value. Test measurements of the proton beam profile in the range of the average beam current ~1  $\mu$ A were carried out.